

## 円錐反射鏡アンテナの基礎的研究

著者	虎田 俊人
号	107
発行年	1966
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/8835">http://hdl.handle.net/10097/8835</a>

氏 名 ( 本 籍 )      虎    田    俊    人 ( 東 京 都 )

学 位 の 種 類      工    学    博    士

学 位 記 番 号      工 博 第 107 号

学位授与年月日      昭和42年3月24日

学位授与の要件      学位規則第5条第1項該当

研究科専門課程      東北大学大学院工学研究科

( 博士課程 ) 電気及通信工学専攻

学 位 論 文 題 目      円錐反射鏡アンテナの基礎的研究

( 主 査 )

論 文 審 査 委 員      教 授 内 田 英 成    教 授 虫 明 康 人

                         教 授 上 領 香 三    教 授 西 田 茂 穂

                         助教授 永 井    淳

## 論 文 内 容 要 旨

### 第 1 章      緒      論

構造が簡単で低雑音高利得の特性を有する開口面アンテナの実現に主眼を置いて、図1に示すような線波源と円錐の1部とで構成されるアンテナを考案し、此れを円錐反射鏡アンテナ ( Cone reflector antenna ) と名付けた。本論文は此のアンテナのもつ放射パターン、インピーダンス特性、利得および開口面効率などのアンテナ基本量について、理論と実験の双方から解析検討を加えたもので此の結果、本アンテナが低雑音高利得アンテナの特性をもち、良好なインピーダンス特性を有していることが明らかとなった。

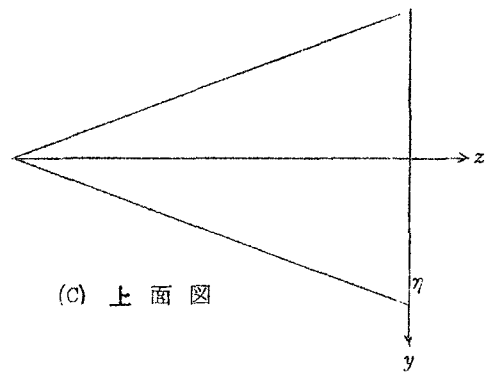
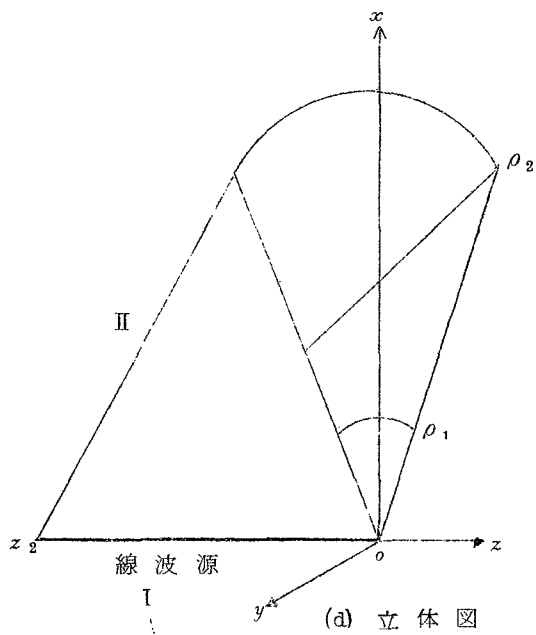
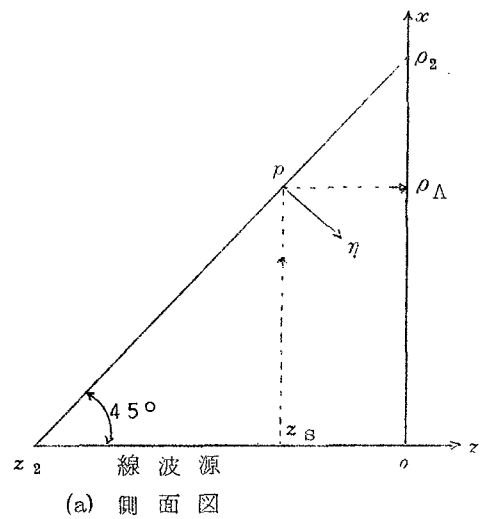
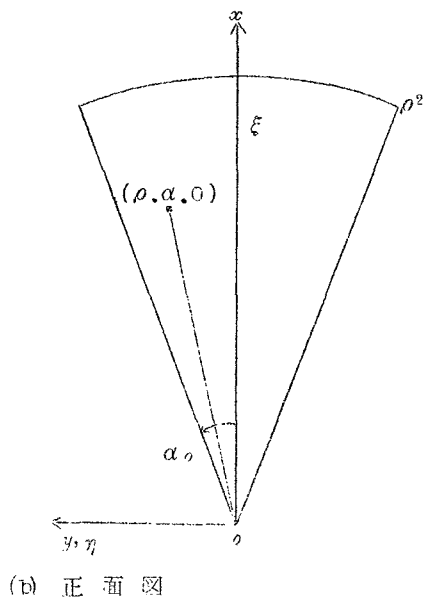


図1 アンテナ構造と座標系

本論文で扱うアンテナ構造の概略を図 1 に示す。従来此の種の扇形開口を有するアンテナとしてホーン・リフレクタ・アンテナが低雑音高利得アンテナとして既に実用に供せられているが、以下に述べる本アンテナの特徴とも比較すると此れら 2 者の間には本質的に明らかな相違がある。

表 1 円錐反射鏡アンテナとホーン・リフレクタ・アンテナの特徴<sup>2)~6)</sup>

	円錐反射鏡アンテナ	ホーン・リフレクタ・アンテナ
構 造	線波源とコーンの組合わせ	電磁ラツパとオフセット率の大きいパラボラ面
反 射 鏡	主平面に於ける切断面は直線と円弧からなる。	主平面に対する切断面がパラボラの 1 部と円弧
アンテナ開口の形状	扇 形	扇 形
アンテナ開口面の電界分布	円周に沿う向きで均一、半径方向には線波源により任意に定まる。	電磁ラツパで略、定まる
主たる位相誤差	アンテナ開口半径方向には直線円周方向には 2 次曲線で代表	一般には複雑な曲線である
主 たる 特 性	Low noise, High gain インピーダンス特性良好	Low noise, High gain インピーダンス特性良好
偏 波	円偏波も直線偏波も可能	円偏波も直線偏波も可能
Ray の直角入射	な し	な し
主 ビ ー ム の 形	ほぼ、ペンシルビーム	ほぼ、ペンシルビーム
電氣的ビーム走査	可能（垂直面内）	不可能
製 作 上 の 問 題	比較的製作が容易（コーンの中心軸により、その相対位置が得られる）	製作がむずかしい（オフセット率の大きい 3 次元パラボラの相対位置がつかみにくい）

以上の表から明らかになる如く、本アンテナの本質的特徴はコーンによる反射鏡に起因するものであり、此の様な構造を有するアンテナはいまだ見当たらないので、本アンテナの解析に当っては先ずアンテナ基本量の解析が要求される問題となる。そこで本論文では此の構造変化に対してアンテナ基本量がどの様に变化するかの問題に重点を定め解析検討を加え、本アンテナの設計に必要な基本的参考資料を与えた。

## 第2章 構 造 お よ び 原 理

図1に示すような座標系を定める。図1(a)は斜辺 $P_2Z_2$ と底辺 $Z_2O$ のなす角が $45^\circ$ である直角2等辺3角形(2次元)で、いま $Z_2O$ の底辺の任意の1点 $Z_B$ から直角に出て斜辺上の点 $P$ を通り他の1辺 $P_2O$ 上の点 $P_A$ に直角に到達する線分( $Z_BP_A$ )は常に一定な長さとなる。また点 $P$ に立てた法線 $n$ に対しては $\angle nPP_A = \angle nPZ_B = 45^\circ$ の関係も成立する。次に図1(a)で $Z_2O$ を中心軸にして辺 $P_2O$ を $\alpha_0$ 度だけ $xy$ 面内で左右に回転させると、辺 $P_2O$ による軌跡は $2\alpha_0$ なる中心角をもった扇形の面積を作り出し、斜辺 $Z_2P_2$ による軌跡は円錐の母線群を作り出す。図1(a)で2次的に述べた線分および角度の関係はこゝに新たに3次的に作られた構造のうち、いずれの母線群を選んだとしてもそれぞれの関係が常に成立する。いまこゝで、 $Z_2O$ を線波源とし、母線群によって作られる曲面をアンテナ反射鏡として、又その両側面を金属板で囲み、 $P_2O$ (又は $P_2P_1$ )によって作られる扇形の面積をアンテナ開口に定めたものが本アンテナの構造である。よって、線分 $Z_BP_A$ (点線)は線波源から出た円筒波が点 $P$ で反射され平面波となってアンテナ開口面上の点 $P_A$ に垂直に達する電氣的径路となり、また此の径路が任意の点 $Z_B$ に対しても常に一定であることからアンテナ開口面上で均一な位相分布が得られる。

## 第3章 開口面上半径方向に正弦振巾分布の場合の諸特性

こゝで先ず近軸放射パターンについて論ずる。いまアンテナ開口面上で振巾分布が円弧に沿う $\alpha$ 方向に一定で、半径 $\rho$ 方向に正弦分布すると仮定すれば、開口面上での電力密度分布 $P_{Ap}$ は

$$P_{Ap} = E_0^2 \sin^2 \frac{\pi(\rho - \rho_1)}{\rho_2 - \rho_1} = E_0^2 \sin^2 m \left( \frac{\rho}{\rho_2} - R \right) \quad (1)$$

$$\text{こゝに、 } m = \pi / (1 - R), \quad 0 \leq R < 1.$$

また、 $R = \rho_1 / \rho_2$ で表わされるアンテナ開口部の下限の位置。

さらに、幾何光学的関係より線波源上の電力密度分布  $P_L(z)$  は次式の如くなる。

$$P_L(z) = 2\alpha_0 \rho_2 (z/\rho_2 + 1) \sin^2 m(z/\rho_2 + 1 - R) \quad (2)$$

次に近軸放射パターンの一般的性質については、アンテナ開口面上で位相が均一分布するとし、スカラー回折理論により  $z$  軸近傍での遠方界を求めることにより得られる。アンテナ開口面上の振巾分布の水平および垂直偏波各成分は

$$E_{aH} = E_0 \sin m \left( \frac{\rho}{\rho_2} - R \right) \cos \alpha \quad \text{for 水平偏波} \quad (3a)$$

$$E_{aV} = E_0 \sin m \left( \frac{\rho}{\rho_2} - R \right) \sin \alpha \quad \text{for 垂直偏波} \quad (3b)$$

となるから、各放射パターンは次式の如くなる。

a) 水平 ( $yz$ ) 面内水平偏波による：

$$g_{HH}(U_2) = \left| \frac{E_{H\parallel}(U_2)}{E_{H\parallel}(0)} \right| = \left| \frac{2\pi^2}{U_2(1+R)} \cdot \frac{\cos\{\frac{1}{2}U_2(1-R)\} \sin\{\frac{1}{2}U_2(1+R)\}}{\pi^2 - U_2^2(1-R)^2} \right| \quad (4a)$$

b) 水平 ( $yz$ ) 面内垂直偏波による：

$$\begin{aligned} g_{HV}(U_2) = & \left| \frac{E_{H\perp}(U_2)}{E_{H\parallel}(0)} \right| = \sin \alpha_0 \left| \frac{2\pi \cos\{\frac{1}{2}U_2(1+R)\} \cos\{\frac{1}{2}U_2(1-R)\}}{U_2(1+R)\{\pi^2 - U_2^2(1-R)^2\}} \right| \\ & + \frac{\pi}{2U_2^2(1-R^2)} \left[ \cos\left(\frac{\pi R}{1-R}\right) \left\{ C_1\left(\frac{\pi}{1-R} + U_2\right) - C_1\left\{R\left(\frac{\pi}{1-R} + U_2\right)\right\} - C_1\left(\frac{\pi}{1-R} - U_2\right) \right. \right. \\ & + C_1\left\{R\left(\frac{\pi}{1-R} - U_2\right)\right\} \left. \right\} + \sin\left(\frac{\pi R}{1-R}\right) \left\{ S_1\left(\frac{\pi}{1-R} + U_2\right) - S_1\left\{R\left(\frac{\pi}{1-R} + U_2\right)\right\} \right. \\ & \left. \left. - S_1\left(\frac{\pi}{1-R} - U_2\right) + S_1\left\{R\left(\frac{\pi}{1-R} - U_2\right)\right\} \right\} \right] \quad (4b) \end{aligned}$$

$$\text{ただし, } C_1(x) = - \int_x^\infty \frac{\cos y}{y} dy, \quad S_1(x) = - \int_x^\infty \frac{\sin y}{y} dy,$$

$$U_2 = k\rho_2 \sin \alpha_0 \sin \theta_{yz}, \quad \sin \alpha \ll 1.$$

○) 垂直 (xy) 面内水平偏波による:

$$\begin{aligned}
 g_{V//}(W_2) &= \left| \frac{E_{V//}(W_2)}{E_{H//}(0)} \right| = \left| \frac{\pi}{W_2^2(1-R^2) \sin \alpha_0} \left[ \int_0^{\alpha_0} \frac{1}{\left\{ \left( \frac{\pi}{W_2(1-R) \cos \alpha} \right)^2 - 1 \right\} \cos \alpha} \right. \right. \\
 &\quad \left[ \pi \cos \left\{ W_2 \cos \alpha \right\} + 2 \frac{\pi R}{1-R} \cos \left\{ \frac{W_2}{2} (1+R) \cos \alpha \right\} \cos \left\{ \frac{W_2}{2} (1-R) \cos \alpha \right\} \right. \\
 &\quad \left. \left. + \frac{4 \left( \frac{\pi}{W_2(1-R) \cos \alpha} \right)}{\left( \frac{\pi}{W_2(1-R) \cos \alpha} \right)^2 - 1} \sin \left\{ \frac{W_2}{2} (1+R) \cos \alpha \right\} \cos \left\{ \frac{W_2}{2} (1-R) \cos \alpha \right\} \right] d\alpha \right. \\
 &\quad \left. + j \int_0^{\alpha_0} \frac{1}{\left\{ \left( \frac{\pi}{W_2(1-R) \cos \alpha} \right)^2 - 1 \right\} \cos \alpha} \left[ \pi \sin \left\{ W_2 \cos \alpha \right\} + 2 \frac{\pi R}{1-R} \right. \right. \\
 &\quad \times \sin \left\{ \frac{W_2}{2} (1+R) \cos \alpha \right\} \cos \left\{ \frac{W_2}{2} (1-R) \cos \alpha \right\} - \frac{4 \frac{\pi}{W_2(1-R) \cos \alpha}}{\left( \frac{\pi}{W_2(1-R) \cos \alpha} \right)^2 - 1} \\
 &\quad \left. \left. \times \cos \left\{ \frac{W_2}{2} (1+R) \cos \alpha \right\} \cos \left\{ \frac{W_2}{2} (1-R) \cos \alpha \right\} \right] d\alpha \right| \quad (4c)
 \end{aligned}$$

ただし,  $W_2 = k \rho_2 \sin \theta_{xy}$ ,  $\theta_{xy}$  は z 軸から測った観測角。

図 2 (a) および 2 (b) は  $R=0$ ,  $\alpha_0 = 15^\circ$  の場合について各面内の放射パターンを示したものである。また更にこれらのパターンの性質はアンテナ開口角  $\alpha_0$  とアンテナ下限位置  $R$  による構造変化に対して図 3~5 の如くなる。図 5 に示す垂直面内水平偏波による放射パターンにアンテナ開口角  $\alpha_0$  の与える影響は  $\alpha_0 = 10^\circ \sim 20^\circ$  の範囲では殆んど効いていないことが確かめられている。以上に示した各放射パターンの諸性質は本アンテナの設計に際し重要な資料を与えるものの一つである。

図 6 は水平面内の放射パターンに関する実験と理論値の比較を示すもので此の結果からそれら両者の一致が認められたため、近軸放射パターンの理論の正当性が明らかとなる。

利得  $G$  およびアンテナ開口面効率  $\eta$  は,

$$G = \frac{8(k\rho_2)^2}{\pi^3} (1-R^2) \left( \frac{\sin^2 \alpha_0}{\alpha_0} \right) \quad (5)$$

$$\eta = \frac{8}{\pi^2} \left( \frac{\sin \alpha_0}{\alpha_0} \right)^2 \quad (6)$$

によってそれぞれ与えられる。此の結果、利得はアンテナ開口角の増加に対して山形の曲線に沿って増加し、 $\alpha_0 = 66^\circ 4'$  で最大値を取り、以後低下する。また開口効率 $\alpha_0 = 0^\circ$  の極限で81%の値をとり、アンテナ開口の増加につれて単調に減少する。 $\alpha_0 = 30^\circ$  では74%程度の値となる。さらに此れはアンテナ開口角のみで定まることが式(6)からも明らかとなる。

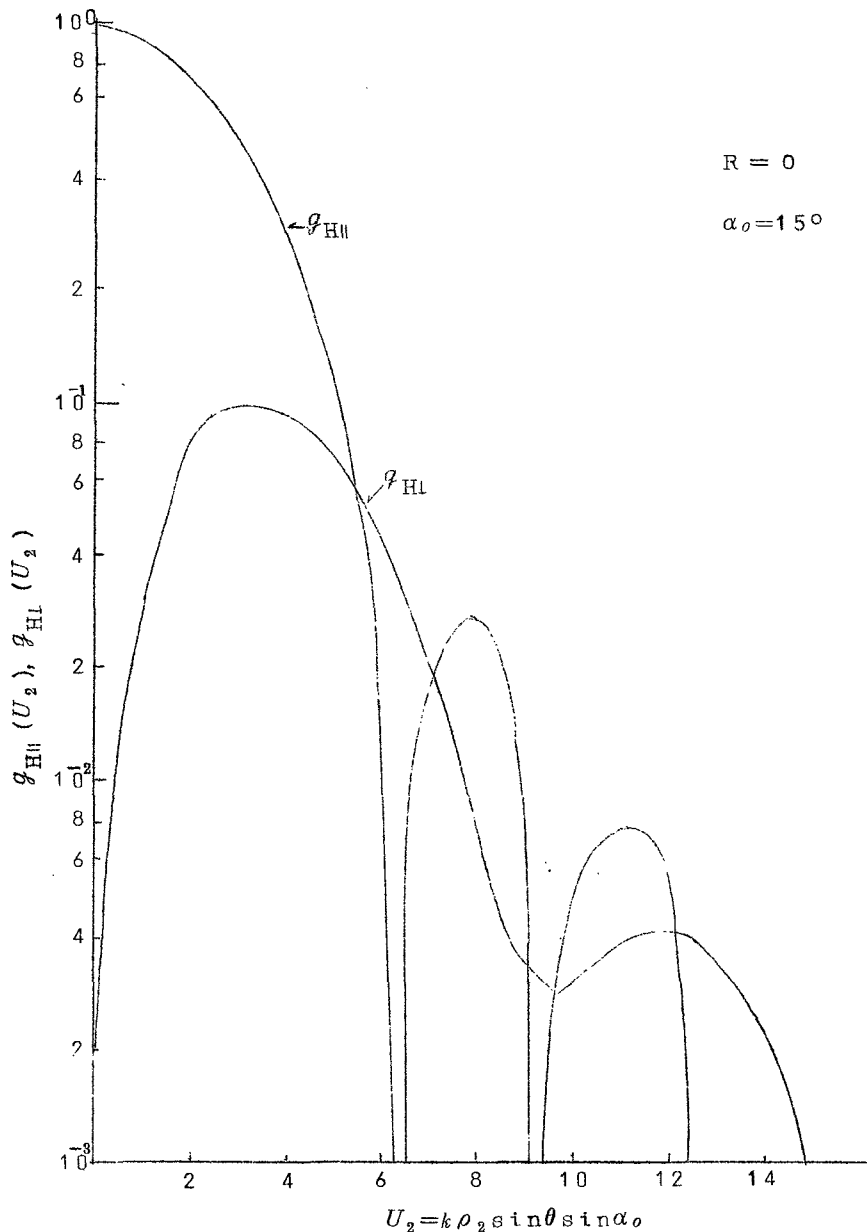


図2(a) 水平面内放射パターン



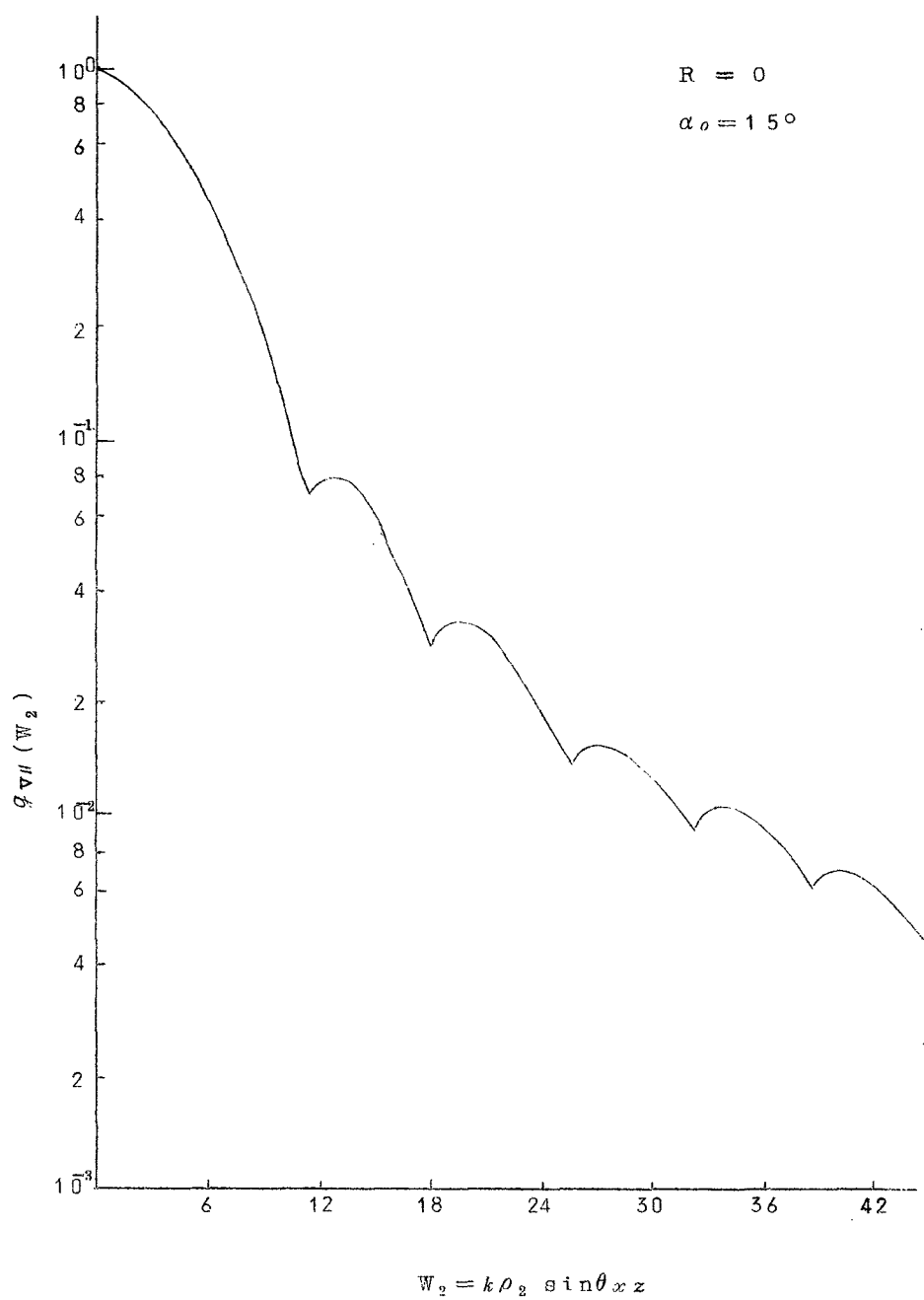


図2(b) 垂直面内放射パターン

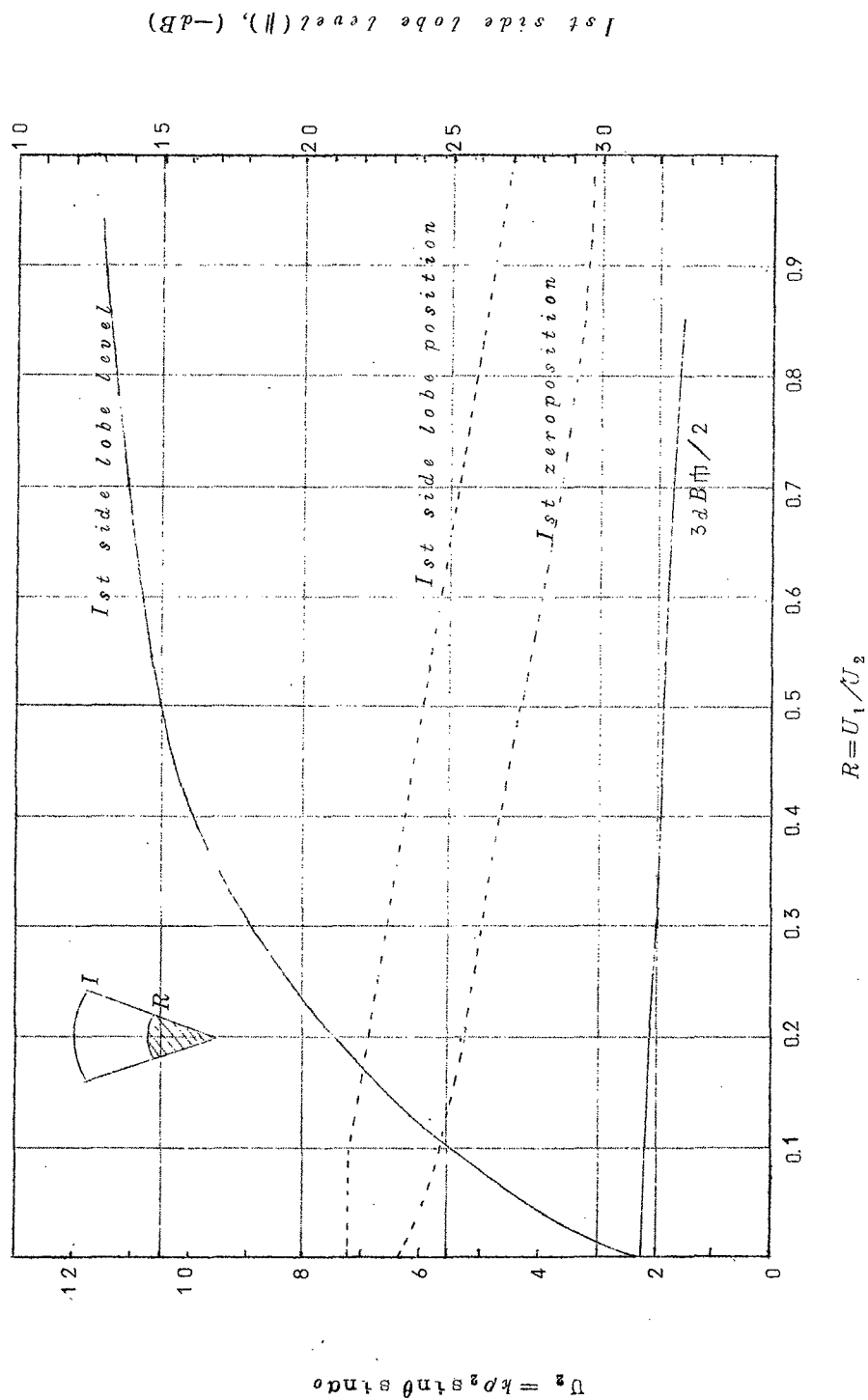


図3 1st side lobe levelとその位置対アンテナ下限の位置；理論．

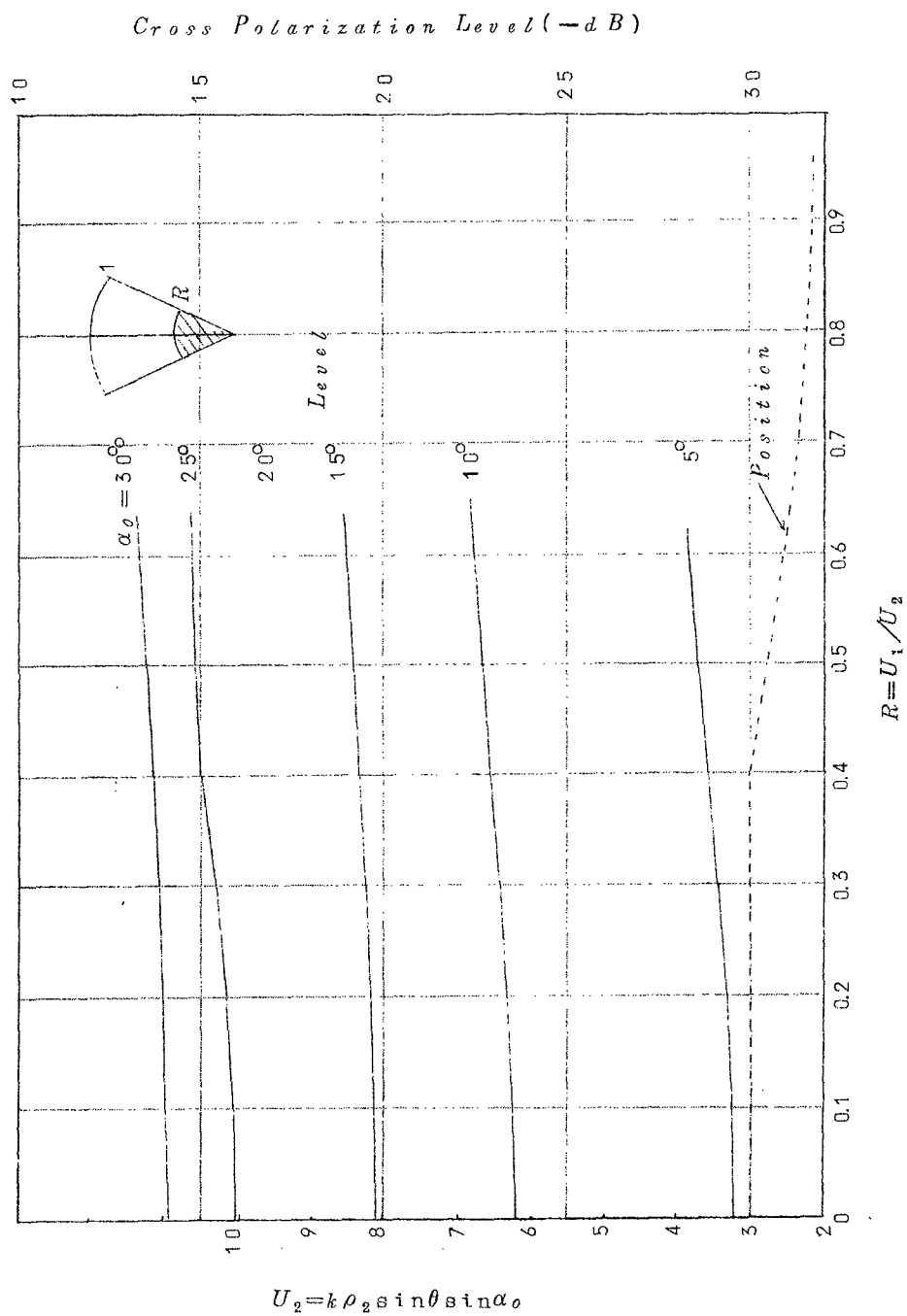


図4. 垂直偏波によるレベルとその位置対アンテナ下限の位置；理論

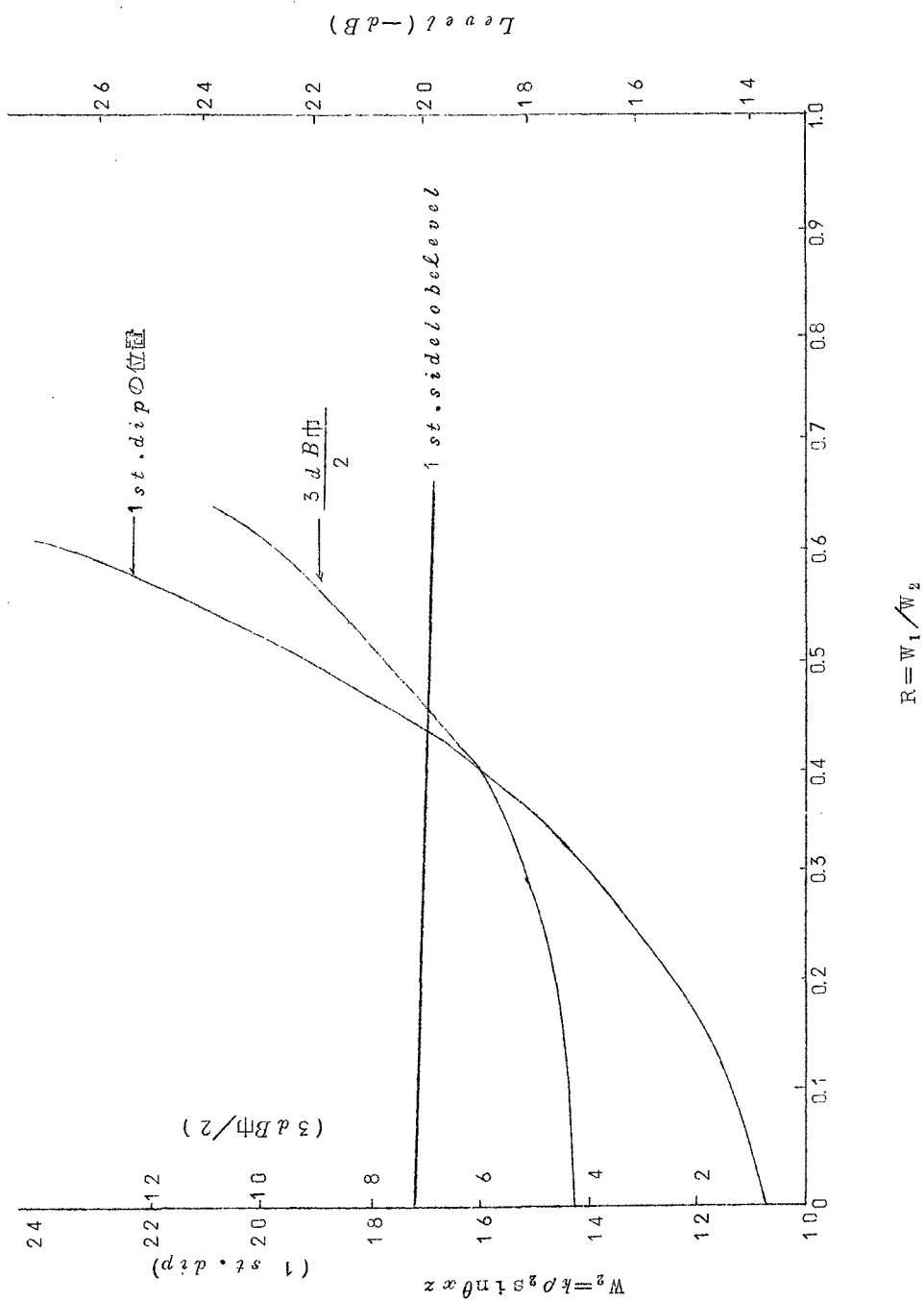
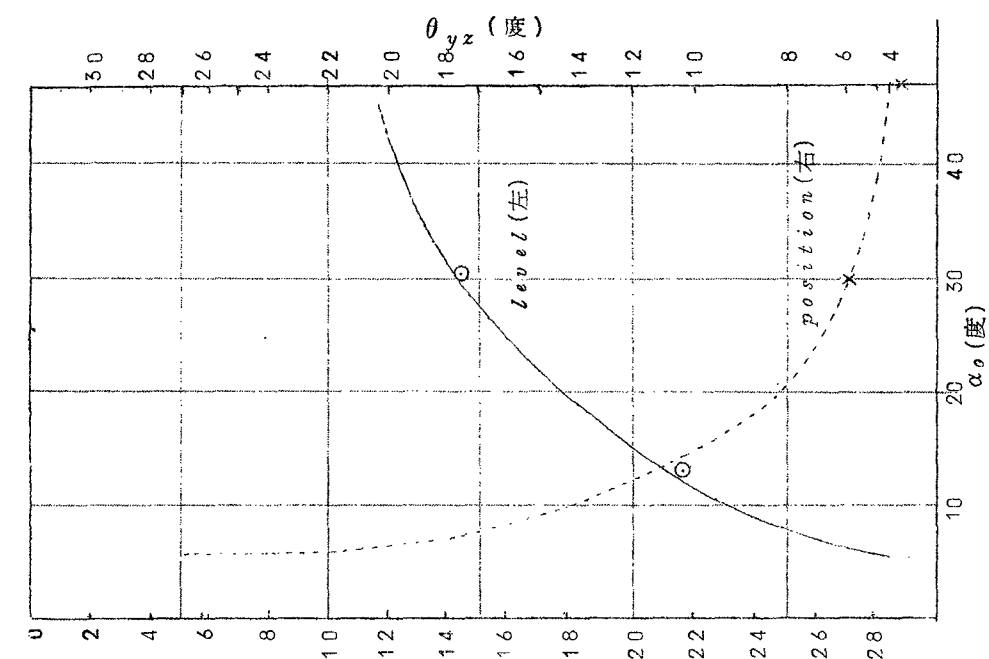
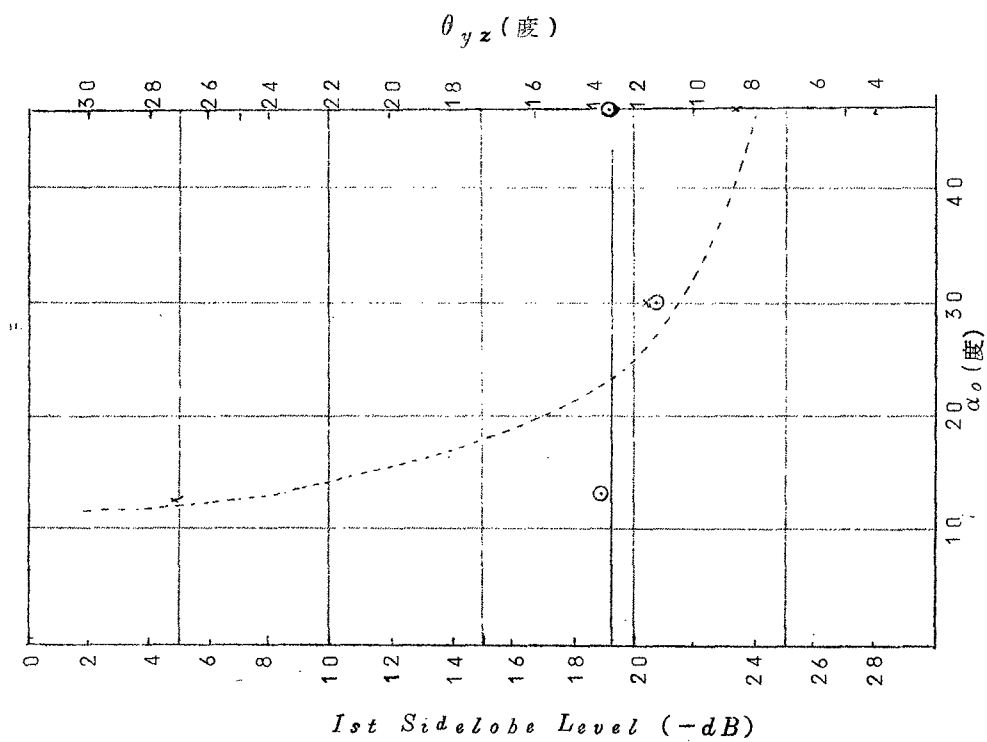


図5 垂直面内水平偏波によるレベルとその位置対アンテナ下限位置



Cross Polarization Level (-dB)



1st Sidelobe Level (-dB)

図6 アンテナ開口角の変化と放射パターンの関係。

## 第4章 線波源にピルボックスを使用した 場合の諸特性

本章では線波源の1つとしてピルボックスを使用した場合の析解を行った。第3章の取扱ではアンテナ開口半径方向の振巾が正弦分布すると仮定したが、ピルボックスの1次放射器（H面扇形ホーン）からの放射が一般にはその放射軸に対して左右対称な値を取るので、アンテナ開口面上半径方向の振巾分布は前の場合と多少違った分布を取ることになる。此の場合に放射パターンについては従来知られている如く正弦分布の場合と殆んど変わらないことが計算によっても確かめられたが、アンテナ開口面効率および利得の算出に当っては此の開口面分布の多少の相違が問題となる。そこで1次放射器の電界放射パターンとして

$$E_{0H} \cos^n(\Phi - \Phi_A), \quad |\Phi - \Phi_A| < \frac{\pi}{2}$$

による軸対称なものを与えると、ピルボックス開口面上の振巾分布は

$$E_{PL} = E_{0H} \cos^n(\Phi - \Phi_A) \cos \frac{\Phi}{2} \quad (7)$$

ただし、 $n$ は電界による1次ホーンの指向指数、 $E_{0H}$ はその最大振巾、 $\Phi$ は2次元パラボラの頂点と原点を結ぶ軸から時計回りに測った角、 $\Phi_A$ は1次放射器の軸方向を示す角度で図7に示す如くである。

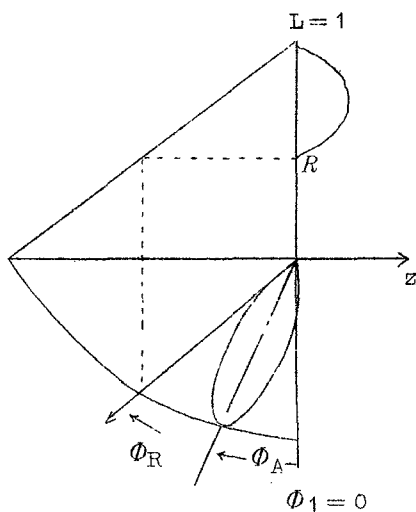


図7 座 標 系

またアンテナ開口面上電界分布は次式の如くなる。

$$\begin{aligned} E_{AP} &= E_{PL} \left( \frac{1}{\rho \alpha_0} \right)^{\frac{1}{2}} \left( 1 - F \tan \frac{\phi}{2} \right)^{-\frac{1}{2}} \\ &= E_{OH} \cos^n (\phi - \phi_A) \cos \frac{\phi}{2} [\rho_2 \alpha_0 (1 - F \tan \frac{\phi}{2})]^{-\frac{1}{2}} \end{aligned} \quad (8)$$

ただし、 $F = 2 |f| / \rho_2$ ， $f$ はパラボラ頂点の座標。

さらに上式の最大値は

$$\left\{ \sin \phi + 4n \cos^2 \frac{\phi}{2} \tan (\phi - \phi_A) \right\} (1 - F \tan \frac{\phi}{2}) - F = 0 \quad (9)$$

を満足する関係で与えられる。

こゝで式(8)で与えられた開口面分布を調べると正弦分布に近い形を取ることが明らかとなり、先に述べた第3章の放射パターンに関する解析結果が使えることになる。

一方利得および開口面効率は

$$G = \frac{4\pi}{\lambda^2} \rho_2^2 \left( \frac{\sin \alpha_0}{\alpha_0} \right) \left| \frac{\int_{\phi_R}^{\phi_1} \cos^n (\phi - \phi_A) \left[ 1 - F \tan \frac{\phi}{2} \right]^{\frac{1}{2}} \sec \frac{\phi}{2} d\phi}{\left[ \frac{(2n-1)(2n-3) \cdots 3 \cdot 1}{2n(2n-2) \cdots 4 \cdot 2} \pi \right]} \right|^2 \quad (10)$$

$$\eta = \left( \frac{\sin \alpha_0}{\alpha_0} \right) \frac{1}{(1-R^2)} \left| \frac{\int_{\phi_R}^{\phi_1} \cos^n (\phi - \phi_A) \left[ 1 - F \tan \frac{\phi}{2} \right]^{\frac{1}{2}} \sec \frac{\phi}{2} d\phi}{\left[ \frac{(2n-1)(2n-3) \cdots 3 \cdot 1}{2n(2n-2) \cdots 4 \cdot 2} \pi \right]} \right|^2 F \quad (11)$$

でそれぞれ与えられる。

ただし、 $\phi_1$ ， $\phi_R$ は1次放射器からアンテナ開口部上下限に到るRayの見込む角。

図8はアンテナ開口部の上下限で-20dBの相対電界強度を取ると仮定した場合の1次放射器の指向指数 $n$ に対する開口面効率を示すもので、此の図から高能率のアンテナを実現するためには $n=8$ 又は7程度の値に選びアンテナ開口として使用出来る範囲を全面的に使用すれば好結果が得られることが明らかとなる。またアンテナ開口角の増加に対しても効率は低下するので本アンテナの設計に当っては此の両者を考え合わせる必要がある。

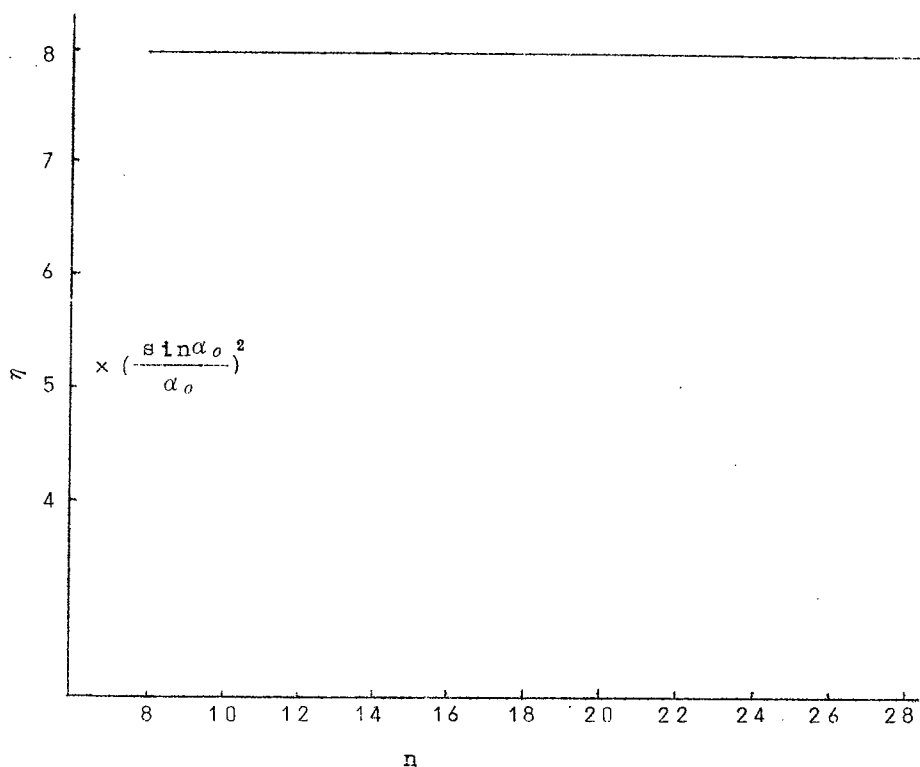


図8 指向指数に対するアンテナ開口面効率

下の表はアンテナ開口角  $\alpha_0 = 15^\circ$  の場合に於ける利得および開口面効率の計算例を示したものである。

指 向 指 数	利 得 ( d B )	効 率 (%)
( n )	( 理 論 )	( 理 論 )
8	4 0. 4	7 7. 6
11	3 9. 8	7 6. 4
14	3 9. 5	7 6. 3

(  $f=9.6 \text{ GHz}$  ,  $\alpha_0=15^\circ$  ,  $\rho_z=2 \text{ m}$  )

## 第5章 実験および検討

まず入カインピーダンスの測定結果を図9に示す。図は円錐反射鏡とビルボックスを合わせた反射を電圧定在波比で表示したもので此の測定結果から VSWR が 1.1 程度より小さな量である



ことがわかる。本アンテナの場合、3次元パラボラ等と比較して1次放射器から放射されて反射鏡に入射し、そこで再び1次放射器にもどる反射エネルギーがその構造からして小さい事が此の主な原因となっている。

次に全方向放射パターンについて各主平面に於ける実測結果を図10(a), (a')および(b)に示す。また図11(a)および(a')は此れら放射パターンの実測に際し、その実験地近傍わらの反射が-40 dB程度迄入り込むので雑音に関する特性が得られないため、その1つの目安量を得る目的で $n=8$ の指向指数の場合と同程度の面積を有する既製のパラボラアンテナ(開口端で-20 dBのテーパをもつ直線偏波アンテナ)を同一環境、同一条件で動作させてその放射パターンを取り比較したものである。此の結果本アンテナが特に広角度放射に於けるside lobeの落ち方が急激で、可成り小さいことが明らかとなった。なお図10(a)および(a')は反射鏡の製作が不完全であったため開口面上 $\alpha$ 方向に位相誤差が混入し、主ビームが3倍程度広がっているが、此の誤差を考慮して理論と比較すると満足できる一致が得られる。

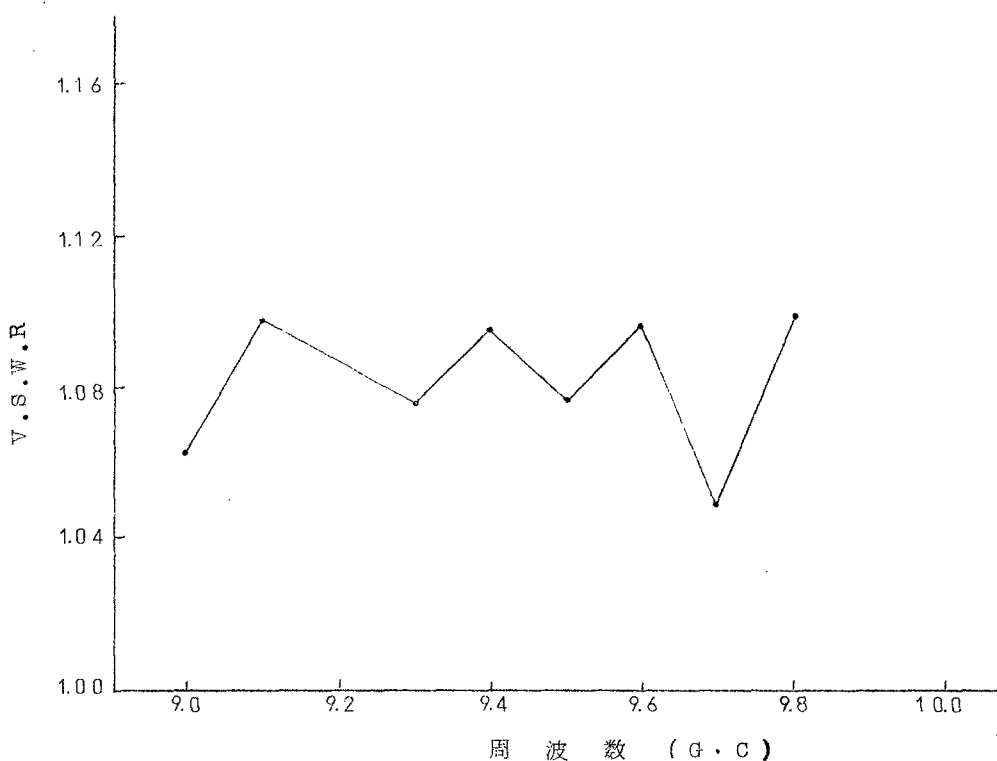
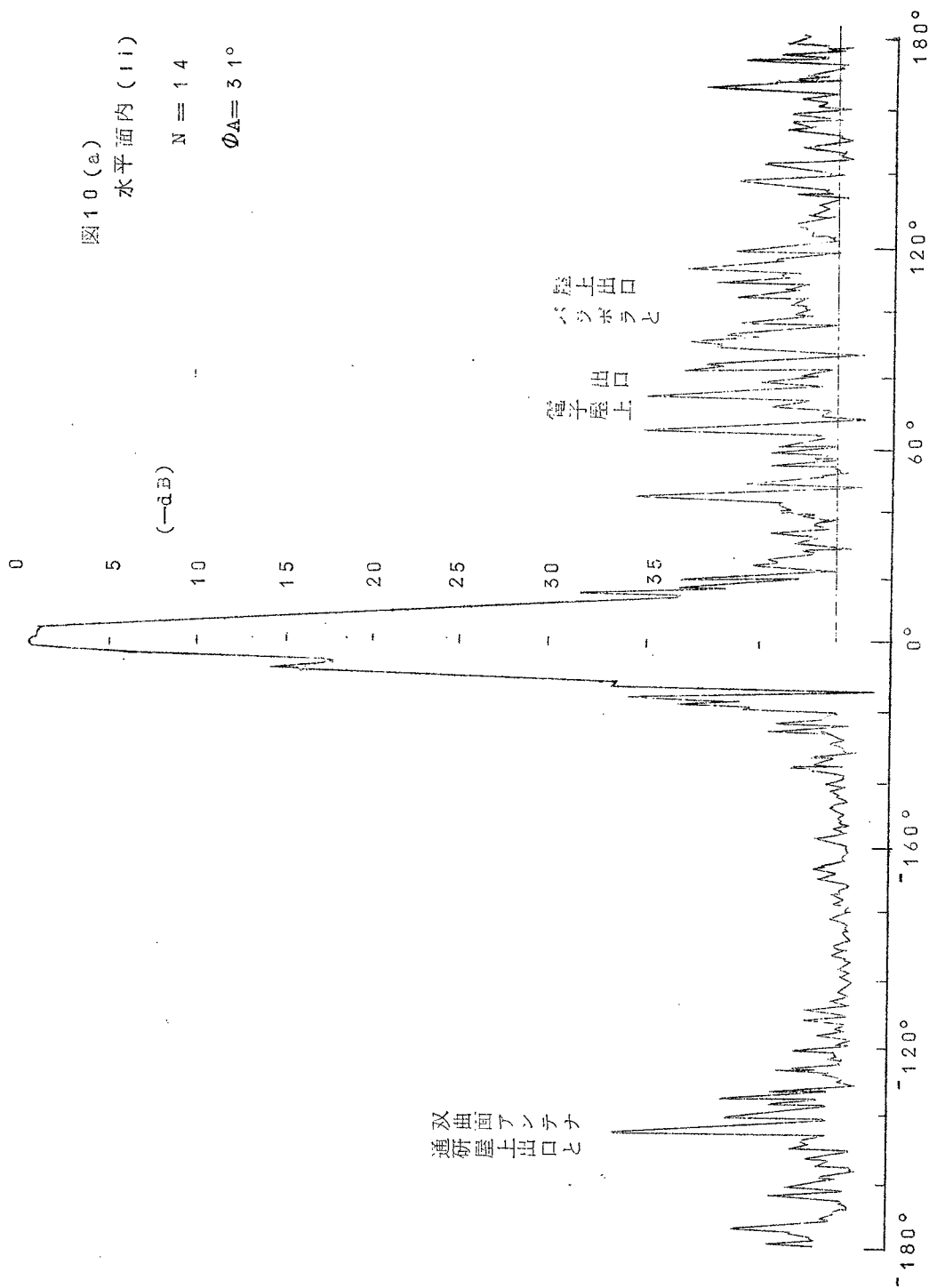


図9 入カインピーダンスの測定結果

図 10 (a)  
水平面内 (ii)

$N = 14$

$\phi_A = 31^\circ$



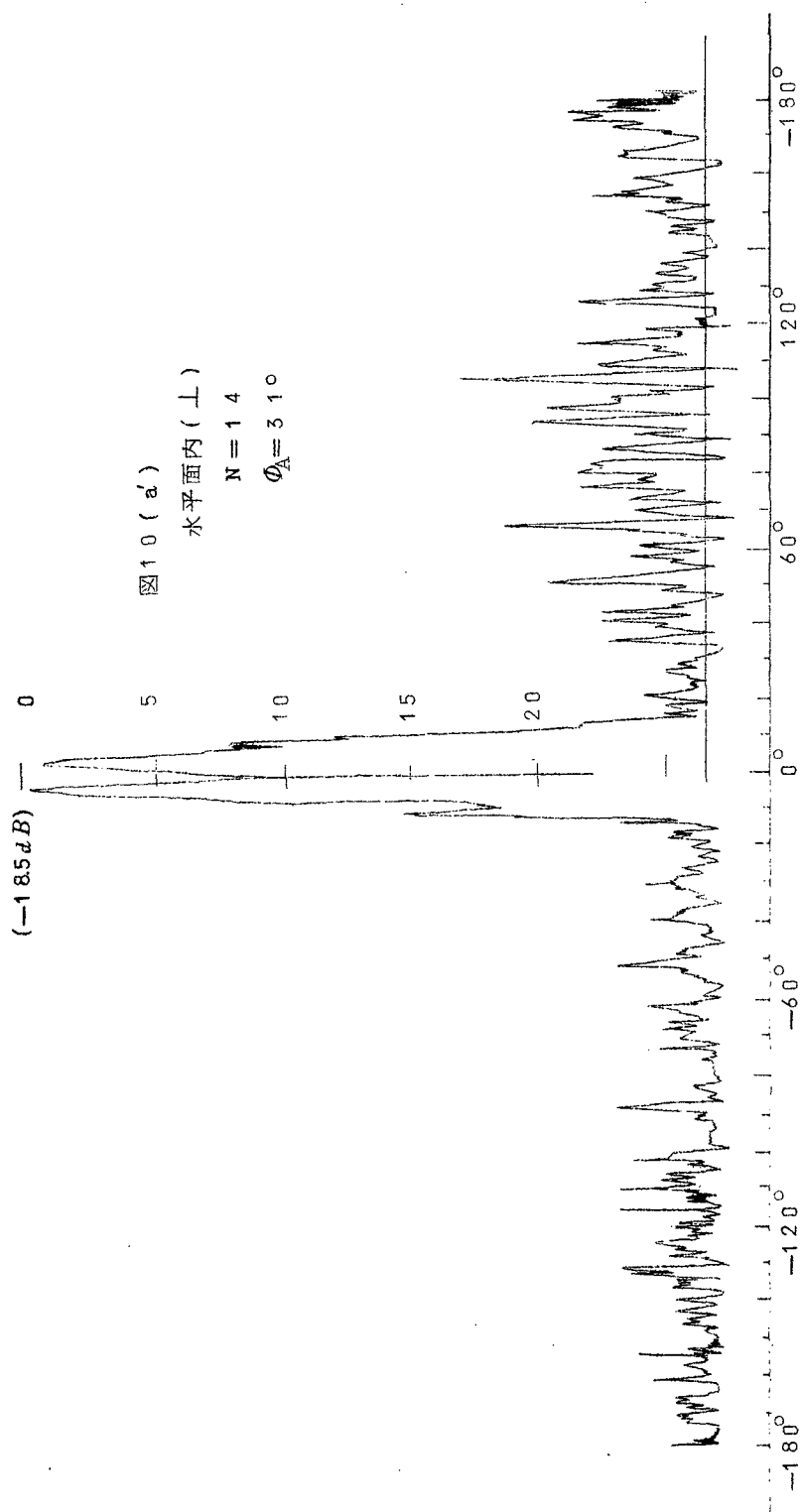


图 10 (a')  
 水平面内 (上)  
 $N = 14$   
 $\phi_A = 31^\circ$

図10(b)  
垂直面内(11)  
 $N=14$   
 $\phi_A=3.1^\circ$

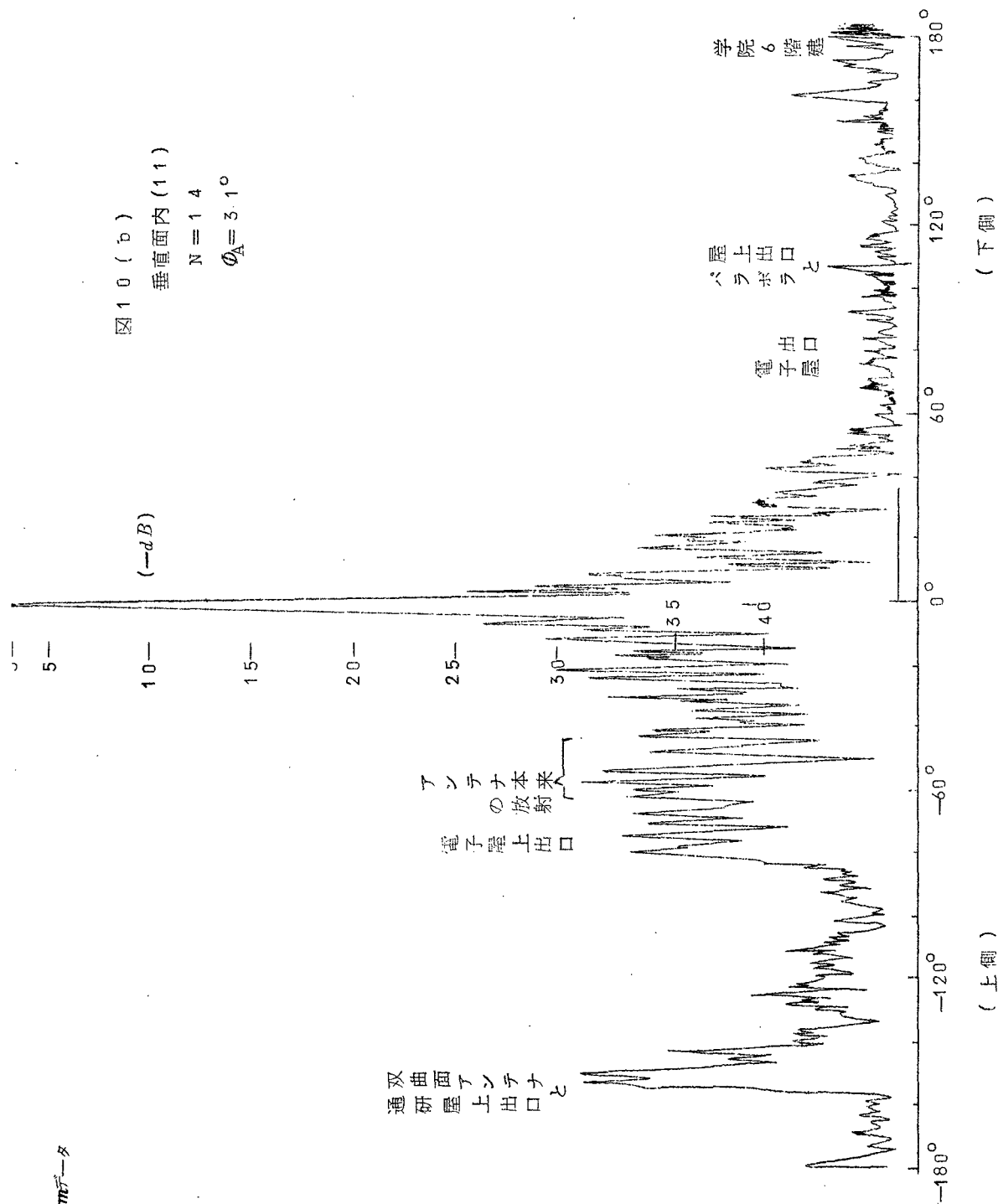


図11 (a)

パラボラ (H面)

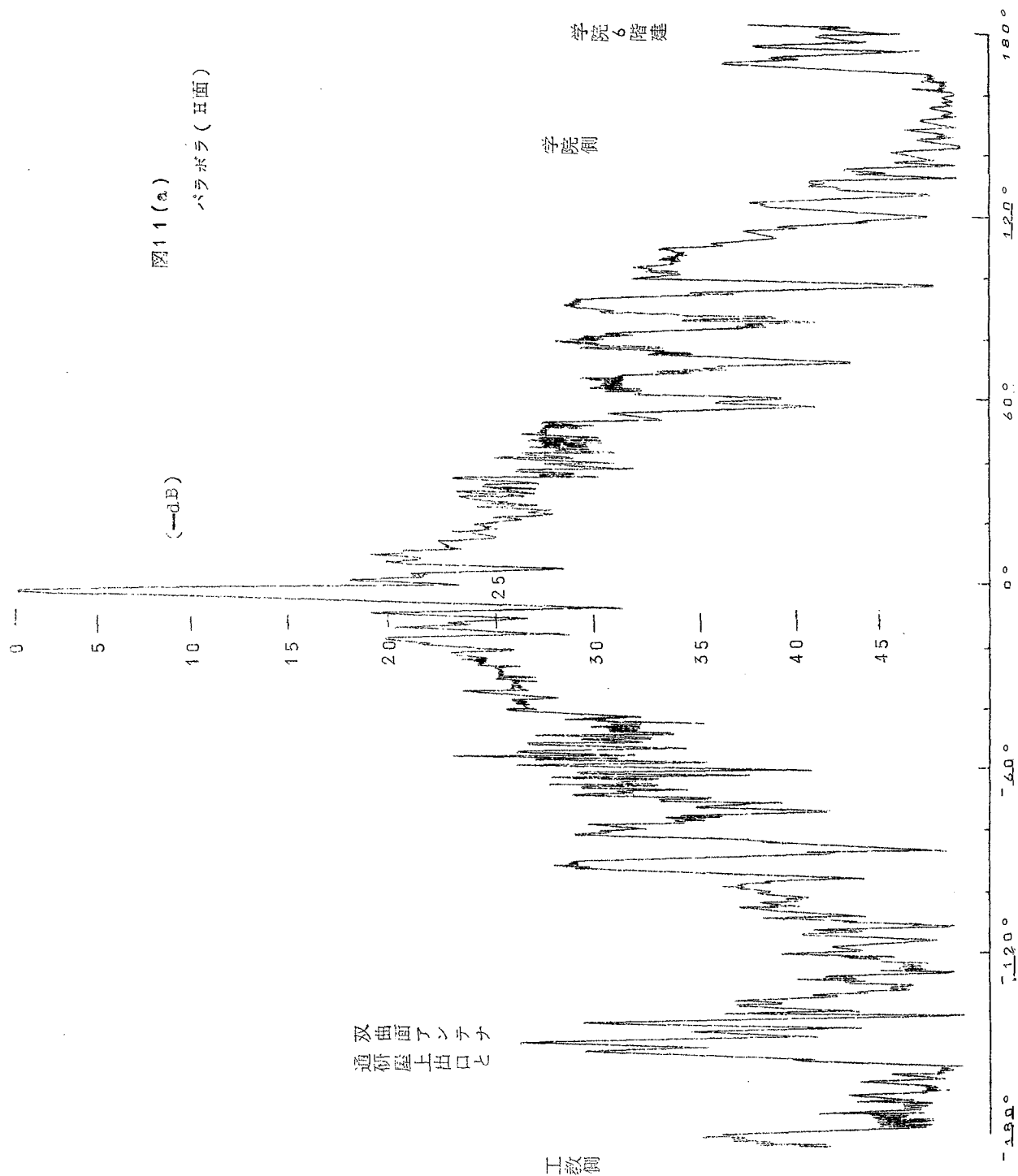
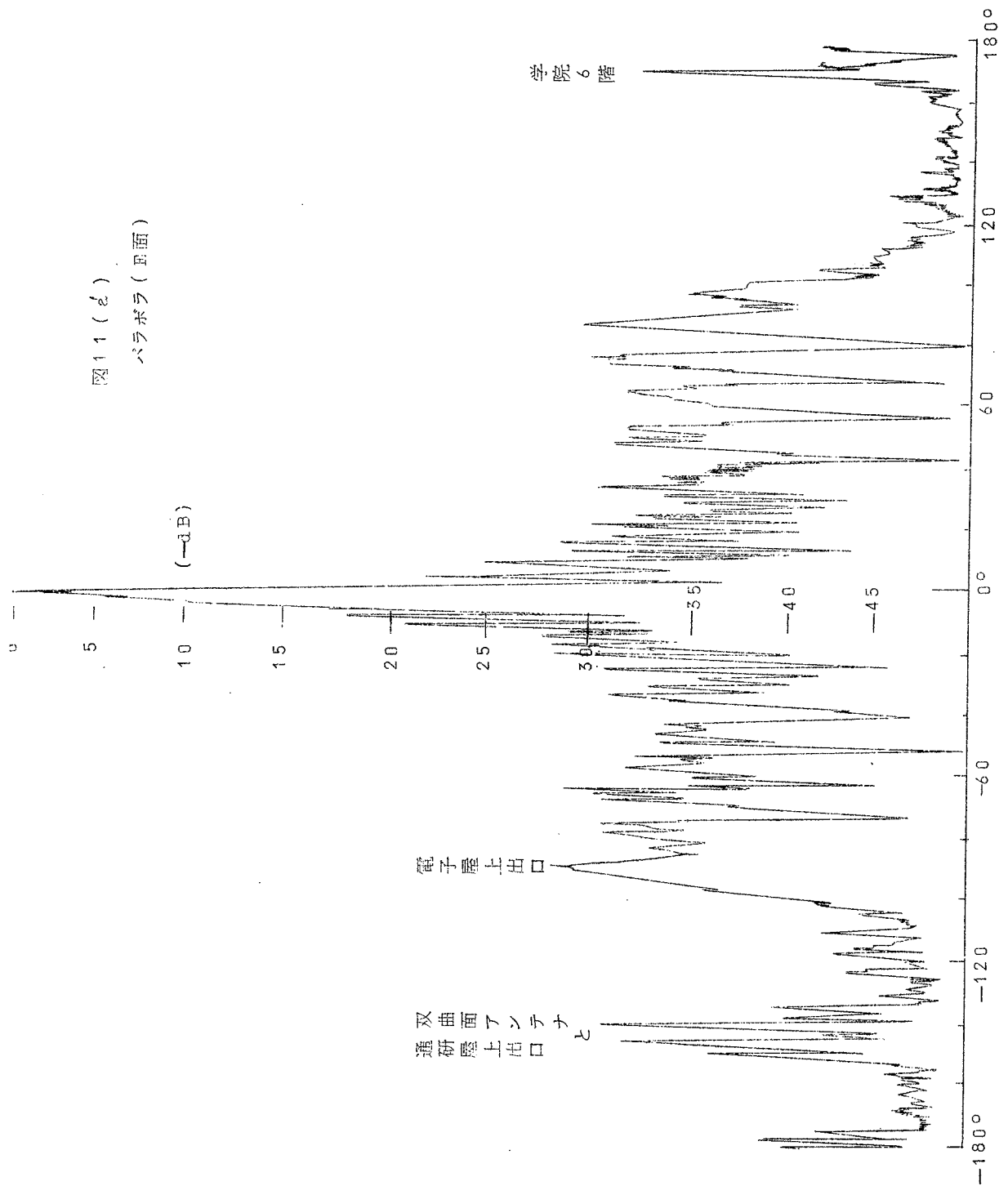


図11 (d)  
 パラボラ (E面)



## 第6章 結 言

比較的単純な構造を有する“円錐反射鏡アンテナ (Cone reflector antenna)”を考案し、此のアンテナの基礎資料を得る目的でアンテナ基本量である放射パターン開口面効率、利得およびインピーダンス特性について理論と実験により解析を行い、両者の一致を得た。また初めの目的であった低雑音高利得のアンテナであることも明らかになった。此の結果と更にインピーダンス特性が良好である結果を合わせ考えると、本アンテナの用途の1例として、後方および側方結合量を問題とする多重通信回線用などにその実用化の道が明らかとなる。

本アンテナの特徴としてアンテナ開口面上半径方向に直線的な位相変化を与えることが可能であるから、ビーム走査をさせる場合に角度変化に対する利得低下量が従来使用されているパラボラ面を用いたアンテナよりも少い事が予測できる。又カセグレンアンテナなどのごとく開口前面でBlockingされる物も無いのでside lobe levelの増加等、低雑音アンテナとして不利な問題も生じない利点がある。此の点については、今後詳細な解析、検討を要する問題として残された課題である。

本研究に当り終始御指導を賜った内田英成教授並びに直接の御指導を受けた永井助教授に感謝するとともに、西田茂穂教授および上領査三教授の御指導を得られた事に感謝する。また本実験用アンテナの製作に当り、此れを担当して下さった通研工場佐藤技富、その他研究室のかたがたの御協力、御討論に御礼申し上げる。

## 文 献

- 1) A.B.Crawford, D.C.Hogg and L.E.Hunt, "A Horn-Reflector Antenna for Space Communication".  
B.S.T.J., Vol.40, July 1961
- 2) S.Silver, "Microwave Antenna Theory and Design", M.I.T.  
Rad. Lab. Ser., McGraw-Hill, 1949.
- 3) G.C.Southworth, "Principle and Applications of Waveguide Transmission", Bell Lab. Ser., van Nostrand 1950.
- 4) J.D.Kraus, "Antennas", McGraw-Hill 1950.
- 5) P.W.Hannan, "Microwave Antenna Design from the Cassegrain Telescope" IRE Trans. on AP, Vol. AP, -9, March 1961.
- 6) 虎田俊人, 永井淳, 内田英成: "コーン・リフレクタ・アンテナ", 信学誌50, 1(昭42-02)

## 審 査 結 果 の 要 旨

近來、宇宙開発の進展につれて地上局の送受信アンテナに要求される諸特性は、その実現が技術的に困難を伴うようになってきた。特に非常な遠距離を伝搬する電波の送受信に使用されるアンテナに要求される高利得、低雑音受信特性の条件を充すためには、アンテナの開口面が大きくなり、拋物反射鏡アンテナでは一次放射器による溢出電力を極力小さくするように設計されなければならない。これに対処するために現在種々の研究が活発に進められている。

著者は、アンテナの高利得化、低雑音化、さらに構造の単純化を目的として、線波源と円錐反射鏡を組合せた新しい型の開口面アンテナを提案し、本アンテナの放射の基本的諸特性を理論的に導き出して、その基礎理論を確立した。それを確かめるためにビルボックス給電系によってつくられる線波源を用いて、10GHz帯で実験を行い、理論解析の結果が正しいことを立証した。さらに実験用アンテナと等しい開口面積を有する拋物反射鏡アンテナの実測結果と本アンテナの実測結果を比較して、本アンテナの低雑音特性をも立証した。

本論文は6章より成る。第1章は緒論であり、従来用いられているホーン、リフレクタ、アンテナと円錐反射鏡アンテナとの諸特性の比較を行っている。第2章では新しく提案したアンテナの構造および動作原理を述べている。第3章では、円錐反射鏡アンテナの開口面上で、半径方向に電界が正弦分布した場合の近軸放射パターンについて理論的解析を行っている。この結果、アンテナ構造と、放射パターンとの間の関係が明らかにされ、本アンテナを設計する際の基礎資料が得られている、さらにこの理論解析結果を実験と対比させて、解析結果の正しいことを立証している。

第4章では一次放射器となる線波源として、ビルボックスを使用した場合について考察し、このときの開口面上の電界分布、利得、アンテナ開口面能率等を明らかにし、第5章の実験との対比がなされている。第5章は10GHz帯における本アンテナの実験に関して述べたものである。先ず実験アンテナの構造について、次いでビルボックスに関する実験、さらにアンテナ開口面上電界分布、最後に、利得、開口面能率、入カインピーダンス、全方向放射パターンを実測している。又同じ開口面積を有する拋物反射鏡の放射パターンを求めて比較を行ない、低雑音特性を立証している。

第6章は結言である。最後に付録として、本論文の内容に関連する式の誘導、数値計算結果について論じている。

以上を要するに、本研究は最近発達しつつある宇宙開発に必要とされる高利得、低雑音アンテナの進歩に貢献するところが大きいものと認められる。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。